



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**METODY VYTVÁŘENÍ PLASTOVÝCH POVLAKŮ NA  
KOVOVÝCH DÍLECH**

METHODS FOR CREATING PLASTIC COATINGS ON METAL PARTS

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Michal Moninec**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. Bohumil Kandus**

**BRNO 2018**

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Michal Moninec**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Bohumil Kandus**  
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Metody vytváření plastových povlaků na kovových dílech

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Obsahem závěrečné bakalářské práce je komplexní studium, rozbor a vlastní hodnocení a porovnání možností vytváření povlaků z plastů na kovových materiálech. Odolnost plastů vůči mnoha chemickým vlivům i vůči povětrnosti se úspěšně používá při povrchové ochraně konstrukčních materiálů, především ocelí, které mají nedostatečnou odolnost proti korozi.

### Cíle bakalářské práce:

Vytvořit ucelený přehled dostupných technologií pro vytváření (nanášení) plastových povlaků (vrstev) na kovových materiálech s cílem ochrany nebo dekorace. Nejdůležitější jsou technologie vycházející z práškových polymerů – žárové stříkání a vířivé nanášení, ale také elektrostatické naprašování. Práce by měla obsahovat kromě popisu specifik a možností uvedených technologií též souhrnný přehled polymerních materiálů použitelných pro tyto technologie.

### Seznam doporučené literatury:

ŠTĚPEK, Jiří, Jiří ZELINGER a Antonín KUTA. Technologie zpracování a vlastnosti plastů. 1. vyd. Praha, Bratislava: SNTL, Alfa, 1989. ISBN DT 678.5(075.8).

SCHWARZ, Otto, Friedrich EBELING a Götz LÜPKE. Kunststoffverarbeitung. 6. Auflage. Würzburg: Vogel Verlag und Druck, 1991. ISBN 3-8023-0836-0.

WOEBCKEN, Wilbrand. International Plastics Handbook: for the Technologist, Engineer and User. 3rd ed. Munich: Carl Hanser Verlag, 1995. ISBN 1-56990-182-1.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Tato práce pojednává o metodách nanášení plastových povlaků. Soustředí se hlavně na různé metody nanášení povlaků, jejich využití povlaků a typy polymerů použitelných pro tyto metody.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Povlaky, nanášení povlaků, plastové povlaky, povrchová ochrana, technologie povlaků, práškové povlaky, žárové stříkání, vířivé nanášení, elektrostatické nanášení, polymery

## **ABSTRACT**

This thesis is about methods for creating plastic coatings for metal parts. It's goal is to describe different methods of coatings, their use and types of polymers applicable for the methods.

## **KEY WORDS**

Coatings, coating application, plastic coatings, surface protection, coating technology, powder coatings, heat spraying, vortex application, electrostatic application, polymers

MONINEC, M. *Metody vytváření plastových povlaků na kovových dílech*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. **26** s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Bohumil Kandus.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Metody vytváření plastových povlaků na kovových dílech“ vypracoval samostatně s pomocí vedoucího bakalářské práce a s použitím uvedené literatury a zdrojů, které jsou uvedeny v seznamu literatury a použitých zdrojů.

V Brně : .....

.....

Michal Moninec

## Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Bohumilu Kandusovi za odbornou pomoc, vedení, kontrolu, rady a poznámky k této bakalářské práci. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům za možnost studovat a jejich podporu v průběhu celého studia.

# Obsah

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

Úvod.....	9
1. Technologie povlakování .....	10
1.1. Příklady povlaků .....	10
2. Plastové povlakování.....	11
2.1. Úprava povrchu před povlakováním.....	12
2.2. Elektrostatické nabíjení.....	13
2.3. Tribostatické nabíjení .....	14
2.4. Vířivé nanášení .....	16
2.5. Extruzní nanášení.....	17
2.6. Stříkání při použití plamene.....	18
2.7. Detonační nanášení .....	19
2.8. HVOF a HVOF.....	20
3. Přehled použitelných polymerních materiálů .....	20
3.1. Termoplasty .....	21
3.1.1. Polyolefiny .....	21
3.1.2. Fluoroplasty.....	22
3.1.3. Vinylové plasty .....	22
3.1.4. Styrenové plasty .....	23
3.1.5. Akrylátové plasty .....	23
3.1.6. Polyestery .....	24
3.1.7. Polykarbonáty .....	24
3.1.8. Polyamidy .....	24
3.2. Reaktoplasty.....	24
3.3. Termoplastické elastomery .....	25
4. Závěry.....	26



## **Úvod**[1][2][4]

Nanášení povlaků má především svoje využití u součástí z oceli, které jsou vystavovány koroznímu, nebo jinak degradujícímu prostředí. Využívá se vlastností nanášených materiálů, které mají proti těmto prostředí dobrou odolnost a často je nanášení těchto povlaků vhodnější a z ekonomického hlediska méně náročné než zaměnit ocel za korozivzdorné materiály. Dále se tyto metody také používají k dekoračním účelům, popřípadě zvýšení komfortu. Druhy povlaků jsou různé podle metod jejich vytvoření.

Využití těchto povlaků je velice různorodé a používá se v mnoha odvětvích strojího průmyslu, architektury, designu i komponent pro každodenní potřeby jako je například kuchyňské vybavení, chirurgické náčiní a podobně.

V práci popisují obecný význam povlaků, různé metody nanášení plastových povlaků, jejich využití a také vhodné polymery použitelné pro vytvoření těchto povlaků.

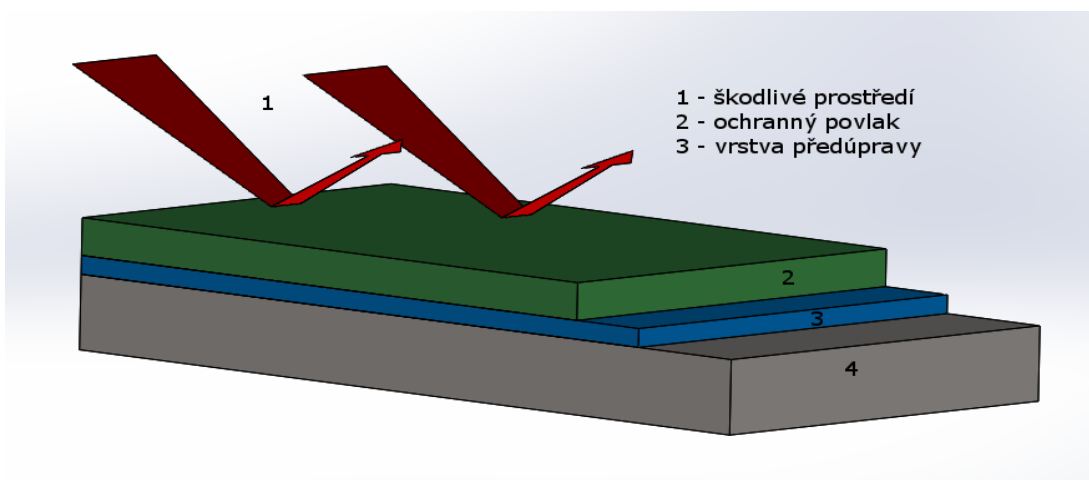
## 1. Technologie povlakování [1][2][4][5]

Metodou povlakování se rozumí nanášení tenké vrstvy aditivního materiálu na základní materiál viz. obr.1. Využívá se přitom různých fyzikálních sil a chemických reakcí. Účelem nanášení povlaků je dosažení buď funkčních, nebo dekorativních účinků. Z funkčního hlediska je cílem dosažení lepších vlastností, zlepšení jakosti povrchu součástí, ochrana základního materiálu, nebo dosažení speciálních vlastností povrchu.

Použití je časté u součástí, které jsou v přímém kontaktu s venkovním prostředím, jako je vlhkost, nebo vystavení chemickým reakcím. Taktéž se povlaky používají u součástí, které jsou vystavovány velkým silovým účinkům, které by mohly vést k rychlému opotřebení součástí, jako je otlačení a podobné mechanické působení. Nanesená vrstvá je tedy v přímé interakci s těmito silami a zabraňuje jejich přenosu na ochraňovaný základní materiál. Povlaků je mnoho druhů, ať už jsou to kovové povlaky, anorganické povlaky, nebo plastové povlaky, kterým se budu dále v této práci zabývat podrobněji.



Obr. 1 – Vrstvy povlaku [5]



Obr. 2 - Schéma ochrany povlakem

### 1.1. Příklady povlaků[1][4][6][7][8][9][10][11][12][13][14]

Nejčastějším příkladem povlaků jsou klasické kovové, kdy se na základní materiál nanáší tenká vrstva přídavného kovu, který má zpravidla lepší vlastnosti než kov základní. Upravují se takto jak povrchové vlastnosti součástí, tak jejich odolnost proti různým prostředím.

Tyto povlaky se nanášejí několika způsoby a to je fyzikální (PVD), chemický (CVD), práškovou formou, sprejováním, namáčením do lázně a podobně. Každý z těchto způsobů funguje na jiném principu a dají se jím vytvořit povlaky z jiných materiálů. Požadované výstupní vlastnosti těchto procesů jsou: časová nenáročnost, cena, tloušťka povlaku, vzhled a efektivita.



Obr. 3 – Zinkování [8]



Obr. 4 – Stříbření [9]

Mezi nejrozšířenější metody povlaků patří: chromování, pozlacování, postříbření, žárové zinkování, a další. Ukázku lze vidět na obrázcích 3 až 6.



Obr. 5 – Tvrdé chromování [10]



Obr. 6 – Dekorativní pozlacení [11]

## 2. Plastové povlakování[1][7]

Nanášení plastových povlaků se začalo používat v druhé polovině 20. století, kdy začaly nahrazovat tehdy používané rozpouštědlové nátěrové hmoty. Tyto nátěry byly neúnosné z ekologického hlediska a také již neměly možnost dalšího rozvoje. Vzhledem k průmyslové vyspělosti a kvalitě našeho výzkumu jsme byli schopni tuto novou metodu používat.

Tyto povlaky nám zaručují velice dobré vlastnosti povrchu. Nejen odolnost proti korozi (obr.7), ale také další významné vlastnosti, například: otěruvzdornost, antibakteriálnost, elektrický odpor či vodivost, nesmáčivost povrchu, odolnost proti vyšším teplotám, chemická stálost a stálost vlastností i v extrémních podmínkách, ale také se často slouží k úpravě vzhledu.



Obr. 7 – Protikorozní povlak vnitřku víka [12]



V dnešní době se většina plastových povlaků nanáší práškovou metodou, kdy se využívá dobré zpracovatelnosti malých částic plastu a jejich snadnou recyklaci při přebytku prášku zbylém po dokončení operace. Mezi nejčastější operace využívající práškovou metodu patří žárové nanášení, elektrostatické a tribostatické stříkání, extruzivní nanášení a vířivé smáčení.



Obr. 8 – Plastové povlaky armatur [13]



Obr. 9 – Dekorativní poplastování [14]

Pro úspěšné a kvalitní povlakování je nutné znát proces nanášení plastů, podmínky za kterých je možné tuto technologii provádět a také operace, které předcházejí této úpravě povrchu materiálu. Důležité je také tepelné zpracování těchto povlaků.

## 2.1. Úprava povrchu před povlakováním[1][15][16][17][18]

Ve většině případů se musí povrch před nanesením povlaku upravit. Jakýkoliv povlak je tak dobrý jako je úprava základního materiálu před povlakováním. Pouze správně upravený povrch zaručuje, že bude povlak proveden podle našeho očekávání a bude splňovat námi zvolené vlastnosti. Každý povlak samozřejmě požaduje jiný způsob úpravy a taktéž jsou tyto úpravy rozdílně náročné.

Pokud byl na materiál již nanesen jakýkoliv povrch, který nemá být součástí koncového výrobku, musíme tento povlak odstranit. Ať už se jedná o barvu nebo nátěr, musíme se této vrstvy zbavit úplně a bezpečně bez porušení základního materiálu. Často se používá tryskání (obr. 10) s abrazivními prvky, nebo broušení. Tryskání se také



Obr. 10 – Tryskání [16]

používá pro zlepšení adheze plastu ke kovovému povrchu. Touto předúpravou se jemně zdrsňuje povrch na mikroskopické úrovni. Důsledkem je zvětšení plochy a kvality přilnutí. Používá se abrazivní tryskání, kdy mohou být přiměšeny písek, sklo, nebo kousky kovů.



Obrázek 11 – Kuličkování [17]

Jednou z nejdůležitějších úprav je odmaštění povrchu, kdy musíme odstranit veškeré mastnoty a oleje které by mohly být na povrchu v důsledku předchozích výrobních procesů. Tyto vrstvy jsou škodlivé hlavně z hlediska nedokonalé přilnavosti nanášeného povlaku na povrch základního materiálu. Odmašťování (obr. 12) je základní předúprava většiny povrchových úprav. Používají se tyto technologie: omývání kyselinou, chemické, alkalické omývání, nebo tepelné odmašťování.

K zamezení koroze při narušení povlakové vrstvy se povrch fosfátuje. Dále jsou možné další předúpravy povrchu pro různé změny vlastností, například: zvýšení meze pevnosti, tvrdosti, snížení zbytkového napětí atd.

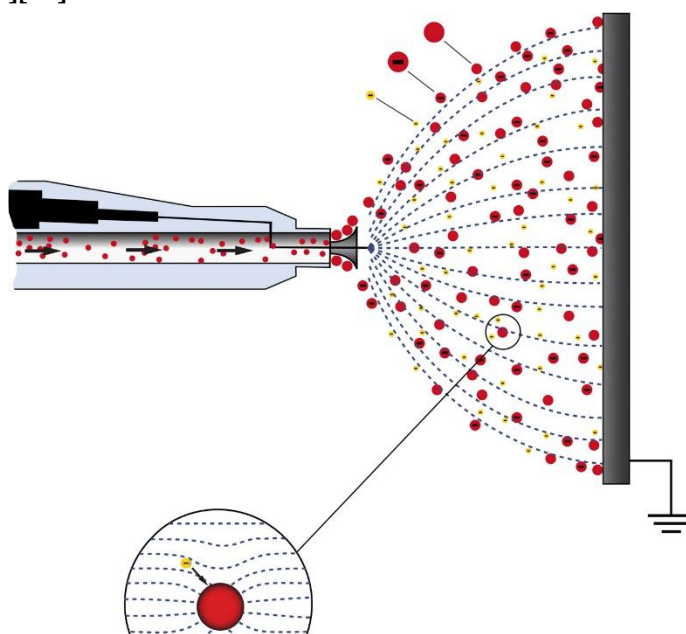
Ke zvýšení odolnosti proti únavě, korozi, šíření povrchových trhlin se provádí například kuličkování (obr.11). Tato metoda spočívá v narážení malých kuliček na povrch ošetřovaného materiálu, čímž se způsobí velké pnutí na povrchu. Výsledkem je zvýšení tvrdosti povrchu a životnosti součástí.



Obrázek 12 – Komora pro odmaštění SUMMA spol. s r.o [18]

## 2.2.Elektrostatické nabíjení[1][19]

Tato metoda je založena na principu nabíjení částic prášku a poté jeho nanášení na upravovaný materiál. Proud teče z místa vysokého napětí do oblasti substrátu, který je uzemněn (obr.13). Zdroj elektrostatického nabíjení je tryskací pistole, která se skládá z elektrody v podobě tenkého drátu a zdroje vysokého napětí. Elektroda poté vytváří potenciální spád, který uvolní ionty z okolního plynu. Vzduch, nebo použitý plyn, procházející touto pistolí se takto ionizuje a následně se volné ionty přichytávají na prášek proudící tryskou a nabíjejí jej. Záporně nabitě částice



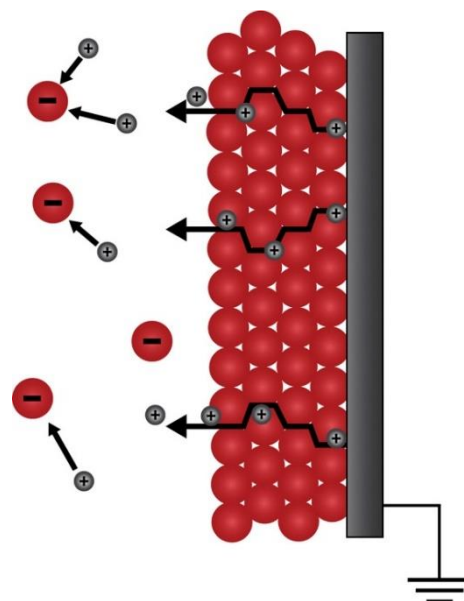
Obr. 13 – Schéma elektrostatického nabíjení [19]

jsou nanášeny na povrch uzemněného základního materiálu a vytváří tak námi požadovanou vrstvu.

Nabití částic v přítomnosti volných iontů je možné dvěma mechanismy. První je nabíjení v poli, kdy částici přivedeme do elektrického pole, čímž se pole mění a volné ionty jsou směřovány a adsorbovány částicemi. Druhý mechanismus je difúzní nabíjení. V tomto případě jsou ionty s částicemi přitahovány díky neuspořádanému pohybu iontů v plynu. Tento mechanismus se objevuje převážně bez elektrického pole a s velikostí částic menších než  $0,2\text{ }\mu\text{m}$ . Protože jsou částice značně větší ( $1\text{--}100\text{ }\mu\text{m}$ ) a je zde přítomnost elektrického pole, je tedy u elektrostatického nabíjení využíváno nabíjení v elektrickém poli.

Protože jsou volné ionty mnohem menší a pohyblivější než částice, pohybují se vysokou rychlostí na povrch upravovaného materiálu a přenáší na něj velké množství iontů. To způsobuje, že má povrch záporný náboj. Tento jev je pro nanášení povlaků nepříznivý a snažíme se jej minimalizovat. Množství iontů, které neulpí na částici je dané změnou napětí.

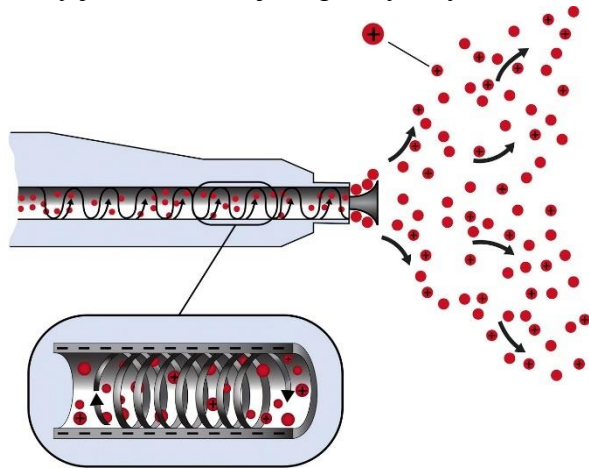
Adheze polymeru ke kovu je dána elektrostatickými silami (obr.14) a pokud byla použita nějaká chemická předúprava, může být také adheze způsobena částečně chemicky.



Obr.14 – Ulpění částic na povrchu součásti [19]

### 2.3. Tribostatické nabíjení[1][19][20][21][22][23]

U této metody je do trysky stříkací pistole hnán vzduch vysokou rychlostí. Částice plastů se třou o stěnu pistole a frikčně se nabíjejí. Vnitřní stěna trysky je z materiálu, který splňuje požadované vlastnosti k vytvoření dostatečného tření. Nejčastěji se používá PTFE, který má tendenci být záporně nabitý. Takto nabité práškové částice poté proudí směrem k substrátu, který je uzemněn a jsou přichyceny elektrostatickými silami (obr.15).



Obr. 15 - Princip nabíjení částic [19]

Jelikož se zde nemusí používat vysoké napětí, nehrozí zde záporné nabití povrchu materiálu, nebo vytvoření elektrického pole. Regulace výkonu je možná změnou rychlosti proudění vzduchu pistolí, nebo zvýšením počtu částic polymeru ve vzduchu. Na vytvoření náboje na částici má velký vliv okolní prostředí, převážně tedy teplota, vlhkost, drsnost povrchu, vlastnosti částic a počet kolizí mezi vnitřní stěnou a částicemi.



Pro obě zvýšené metody musí okolní prostředí, ve kterém se daný materiál povlakuje, splňovat určité vlastnosti. Jednou z nich je například kvalita stlačeného vzduchu, který proudí tryskou stříkací pistole. Tento vzduch musí být čistý a suchý. Jeho nekvalitnost může značně



Obrázek 16 - Ukázka nanášení povlaku [22]



Obrázek 17 – Pistole [23]

změnit proces nabíjení a také proudění prášku na povrch upravovaného materiálu. Nečistota vzduchu způsobuje vzhledové vady povlaku. Vzduch nesmí obsahovat žádné další látky jako je například olej a musí být co nejvíc suchý. Nejvhodnější vzduch pro nanášení práškových povlaků je opouštějící chladič, jeho teplota je přibližně 3 °C a je suchý. Dovolená koncentrace vody je 1,3 g/m<sup>3</sup> a oleje 0,1 g/m<sup>3</sup>.

Další kontrolovaná vlastnost je kvalita vzduchu v lakovně, která taktéž značně ovlivňuje celý proces nanášení povlaků. Největší význam má relativní vlhkost prostředí, ve kterém se nachází povrch upravovaného materiálu, kterou se snažíme udržet ideálně mezi 40–50 %. Příslušnou vlhkostí je možná zajistit rovnoměrnější nanášení povlaků, přičemž velice důležitá je zvýšená vlhkost při nanášení dalších vrstev.

Stejně jako vzduch, musí být kvalitní i práškový plast. Jeho vlhkost by neměla být vyšší než přibližně 0,4 %. Teplota skelného přechodu okolo 50 °C, ne nižší. Dále musí být většina práškových částic o velikosti 35-40 μm. Částic menší než 10 μm musí být do 10 % a směs nesmí obsahovat žádné velké částice. Velikost částic by měla být ideálně u všech stejná a rozdíl mezi velikostí částic co nejmenší.

Důležité je taky správné uzemnění předmětu, které je zásadní ve funkčnosti obou výše zmíněných metod. Pokud by nebylo dostatečné uzemnění, vytvářel by se na povrchu rychle silný záporný náboj, který by následně odpuzoval taktéž záporně nabitě částice práškového plastu. Při elektrostatickém nabíjení by zase naopak byl povrch silně kladně nabit a částice by byly taky odpuzovány. Při tribostatickém nanášení je uzemnění stříkací pistole zásadní. Protože prášek získává kladný náboj, je třeba tyto uvolněné elektrony odvádět do země. Bez tohoto uzemnění by se prášek procházející tryskou nenabil. Nejčastější příčinou špatného uzemnění povlakovaných dílů je chybné očištění závěsů a přípravků.

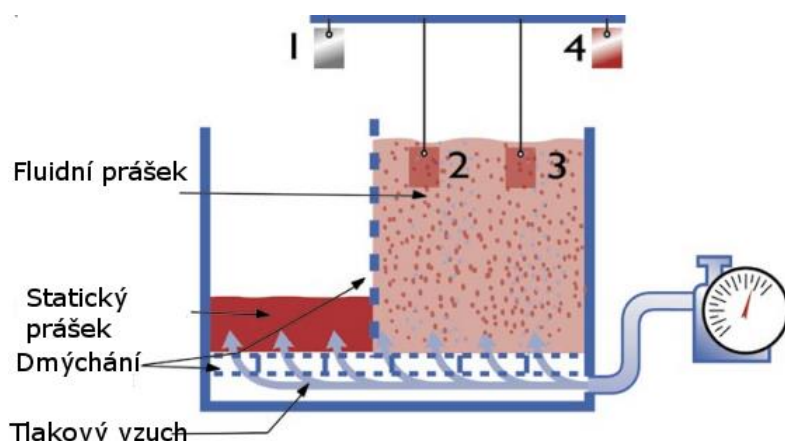
Volbu tepelného zpracování je nutné volit s ohledem na tloušťku materiálu, jeho tepelnou vodivost a tvar dílu. Teplota ovlivňuje zejména přilnavost povlaků, ale i další vlastnosti. Problémem mohou být povlaky s větší tloušťkou (10-20 mm). Proces taky ovlivňuje průběh teploty, její výkonost a vhodná volba pece. Tyto nedostatky se projevují rozdílností povrchů,

jako lesku, drsnosti a matu. Pro zajištění dodržení dostatečných teplot je vhodné měření teplot přímo v peci a nespolehat na hodnoty na ovládacím panelu pece.

#### 2.4. Vířivé nanášení[24][25][26][27][28][29][30]

Metoda, která se používá již od začátku práškového povlakování. Základem je kovová vana, která je naplněná práškem z termoplastu (obr.18). Tato nádoba je z vrchní strany otevřena a na jejím dně jsou malé díry na provzdušnění. Těmito průduchy proudí vzduch a malé částičky plastu nadnáší a vytváří fluidní stav prášku.

Druhou část procesu tvoří kovový díl určen pro nanesení povlaku, který již prošel předúpravami a je připraven k dalšímu zpracování. Ten je nejprve umístěn do pece, kde je zahřát na 250 až 450 °C. Poté je na přepravním háku umístěn nad fluidní vanu. Nanášení vrstvy probíhá tak, že zahřátý dílec se ponoří do vany, kde setrvá určitou dobu. Čas ponoru je dán různými vlastnostmi, ale hlavní faktorem je teplota zahřátého kovového dílu, dále pak tloušťka jedné vrstvy povlaku. Termoplast se nataví na kov a vytvoří tenkou vrstvu. Následuje zahřátí dílu i s povlakovou vrstvou a konečné přilnutí plastu k povrchu kovu. Tento děj probíhá několikrát pro nanesení požadované tloušťky povlaku. Chlazení probíhá buď na vzduchu, kdy je lakovna vybavena větráky, nebo namáčením dílu v nádobě naplněné cirkulující vodou.



Obrázek 18 – Schéma fluidní vany [28]

Povrch dílu se přiblíží a částečně se do určité hloubky ponoří do plastu (obr.19). Současně se válec pomalu otáčí a takto se nanese plast na celou délku obvodu součásti.



Obrázek 19 – Ukázka hotového výrobku [29]



Obrázek 20 – Výrobek vytahován z fluidní vany [30]

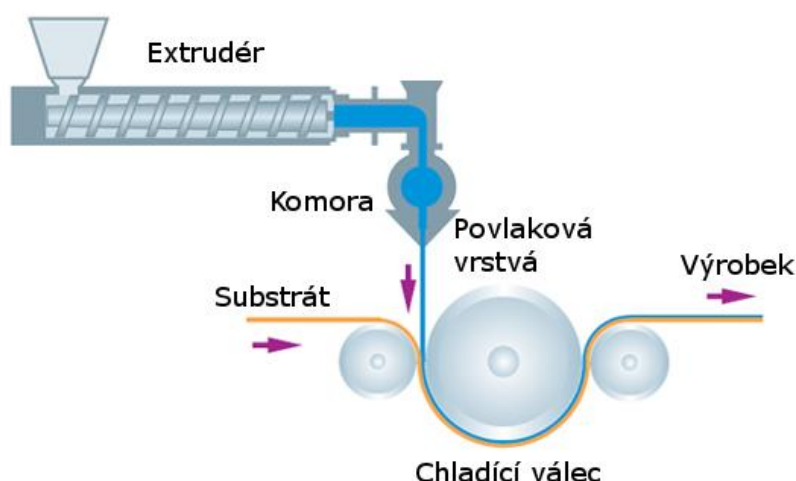


Tato metoda je velice efektivní a často používaná. Největší výhodou je, že přebytečný prášek jednoduše zůstane ve vaně a dá se hned použít při další operaci, přičemž se oproti ostatním metodám prášek nedostane jinam a nemusí se dopravit zpět do zásobníku.

Nevýhodou je naopak třeba rozlišná tloušťka povlaku vzhledem k hloubce ponořeného dílu. To je dáno dobou ponoru, přičemž dolní část, která se ponoří do vany jako první, je ve styku s platem delší dobu než vrchní část, která se ponoří do vany s menším zpožděním.

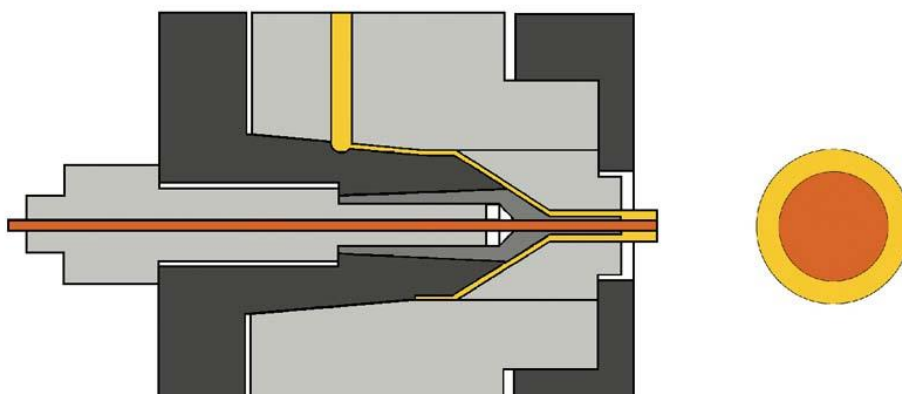
## 2.5.Extruzní nanášení[21][24][26][31][32]

Práškový plast se nasype do extrudéru, kde se zahřeje a pomocí šnekového závitu se dopravuje dále. Plně zahřátý formovatelný plast pak dále putuje do zahříváné komory, aby udržel svoji teplotu. Vývodem této komory je otvor, vytvarovaný tak aby vytvořil vrstvu, kterou můžeme nanést na povrch vybrané součásti (obr.21). Plast se nanese na pohybující se materiál jeho povrchu. Rychlost posuvu kovové součásti musí být identická s rychlostí vytlačování plastu, aby byla zaručena kvalitní vrstva povlaku. Díl pokračuje v pohybu a v místě, které již není tepelně ovlivněno, začíná plast chladnout a přilne na povrchu materiálu.



Obrázek 21 – Schéma extruzivního povlakování [31]

Tato metoda se používá převážně pro válcové plochy, nebo pro povlakování drátů (obr.22). U nanášení povlaků na válcovou plochu, je výstup komory ve tvaru obdélníku a průchodem

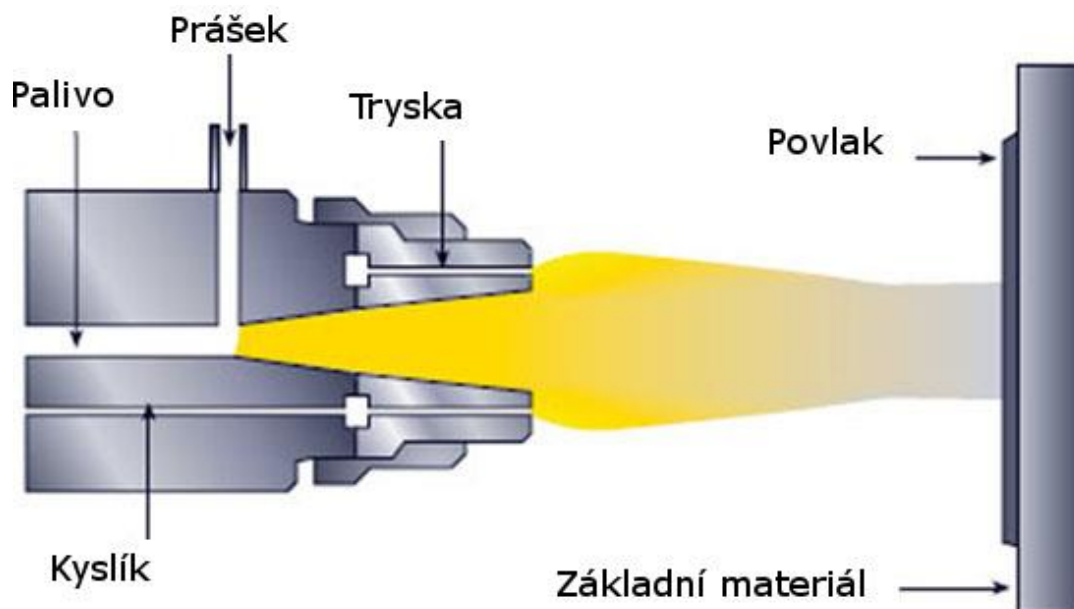


Obrázek 22 – Povlakování drátů [32]

tímto průvlakem se vytvoří tenká vrstva podobná plechu. Takto vytlačující se natavený plast se přivádí na rotující válec, na kterém se po vychladnutí vytvoří souvislá vrstva povlaku. Při vytváření povlaků na povrch drátu je výstup tepelné komory ve tvaru mezikruží, jehož vnitřkem prochází drát určen k nanesení povlaku. Plast je vytlačován z mezikruží stejným směrem jako se pohybuje drát. Následně plast vychladne, přilne na povrchu a vytvoří vrstvu povlaku.

## 2.6. Stříkání při použití plamene [20][21][24][26][33][34][35]

Principem této metody je zahřátí práškového polymeru na tavicí teplotu a přilnutí na substrátu o pokojové teplotě (obr.23). Proces je tvořen žárovou pistolí, ve které proudí vzduch jako nosné médium prášku a hořlavá směs plynů tvořící tavnou část. V pistoli se mísí prášek se stlačeným vzduchem a tato směs pak putuje směrem ke kovovému dílu přes plamen. Při styku s plamenem se částice prášku zahřejí na danou teplotu a dále se dostanou na povrch dílu. Na něm poté vytvoří vrstvu povlaku, která začne chladnout na vzduchu za pokojové teploty.



Obrázek 23 – Schéma metody [34]

Jak již bylo zmíněno v žárové pistoli se jednou tryskou přivádí stlačený vzduch, který se mísí se práškem přivedeným druhou tryskou. Dále je pistole (obr.24) vybavena tryskami přivádějícími hořící a zážehový plyn. Jako hořící plyn se zpravidla používá kyslík, acetylén je použit jako plyn zážehový. Na vývodu trysek se plyny spojí a vytvoří hořlavou směs, která udržuje plamen.

Kvalita a tloušťka výsledného povlaku závisí na nastavení komponent této technologie, především seřízení pistole. Zde volíme tlak přiváděného vzduchu, který musí být vyšší než tlak plynů. Tato hodnota se pohybuje okolo 5 barů. V závislosti se pak určují tlaky plynů, kdy zápalný plyn (acetylén) je přiváděn pod tlakem přibližně 1 baru. Hořící plyn by pak měl mít hodnotu rovnou dvojnásobku předchozího plynu, tedy 2 bary.

Další řídicí veličinou je množství přiváděného prášku v poměru s množstvím vzduchu, kdy vytvořená směs musí být schopna dopravit se až na povrch určený k vytvoření povlaku.

V závislosti na těchto hodnotách jsou pak výstupní údaje dané technologie. Mezi ně patří vzdálenost pistole od substrátu (sprejovací vzdálenost), tloušťka povlaku a úhel pod kterým nanášíme povlak (sprejovací úhel).

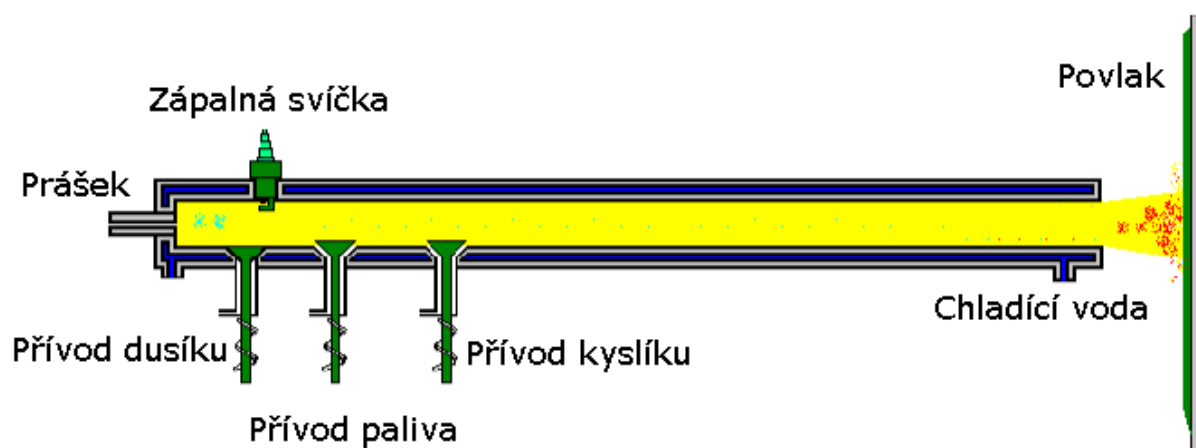
Nevýhodou této metody je náročnost na zkušenost a zručnost operátorů při manuální výrobě povlaku. Ti musí být schopni vytvořit kvalitní a celistvý povlak v požadované tloušťce. Dalším znevýhodňujícím faktorem je vysoká teplota při ústí žárové pistole, která je závislá na typu hořící směsi a při použití kyslíku a acetylénu se pohybuje okolo 3200°C. Dále se vyskytuje problém se ztrátami při povlakování menší součástí, kdy se prášek rozstříkne za daný díl a přilne na ochranné stěně boxu.



Obrázek 24 – Nanášecí pistole [35]

## 2.7. Detonační nanášení[20][21][24][26][36][37][38][39]

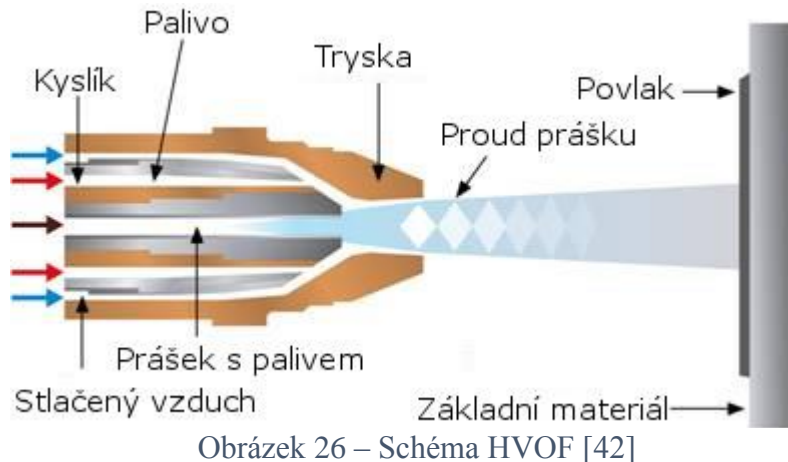
Pistole pro nanášení povlaku detonační metodou se skládá z dlouhé trubice, chlazené vodou, ve které jsou přívodní ventily pro plyny a prášek (obr.25). Kyslík a palivo (většinou acetylén) je do trubice napuštěno společně s určitým množstvím prášku plastu. Na jedné straně této trubice přeskóčí jiskra, která zapálí hořlavou směs a ta společně s práškem zrychlí na supersonickou rychlost směrem ven z trubice. Po každém výbuchu následuje čištění pomocí vodíku. Tento proces se opakuje několikrát za vteřinu. Vysoká kinetická energie zahřátých částic prášku zajišťuje vysokou pevnost a kvalitní povlak, který vznikne na povrchu substrátu.



Obrázek 25 – Schéma detonačního nanášení povlaků [37]

## 2.8.HVOF a HVOF[20][21][40][41][42]

Název této metody pochází z angličtiny, tedy High Velocity Oxygen Fuel (HVOF) což znamená nanášení pomocí vysoké rychlosti za použití kyslíku a High Velocity Air Fuel (HVOF) – podobné jako HVOF, pouze místo kyslíku je zde palivem vzduch.



Tento proces je podstatou velice podobný vznětovým metodám s tím rozdílem, že u tohoto typu nanášení se snažíme dosáhnout co nejvyšší rychlosti. K dosažení velké rychlosti se používám mnoho typů pistolí. Jednou z nich je například vodou chlazená zážehová komora a dlouhá tryska (obr.26). Palivo (acetylén, vodík) a kyslík jsou

dopraveny do komory, zážeh produkuje horký, vysoce stlačený plamen, který je směřován do zužující se trysky, kde získává ještě vyšší rychlost. Prášek může být přidán rovnou do komory při přidávání kyslíku a paliva za vysokého tlaku, nebo až za výstupu trysky při nižším tlaku.

Rozdíl mezi HVOF a HVOF je pouze použití buď kyslíku, nebo vzduchu. Při použití vzduchu dosahujeme nižších teplot než při použití kyslíku. Cena kyslíku je vyšší oproti vzduchu, který můžeme využívat zdarma, ale při použití vzduchu musíme mít větší kompresor.

Částice prášku, které mají vysokou kinetickou energii a jsou zahřáty proudí směrem k povrchu povlakované součásti. Působení teploty a vysoké energie částice ulpí na povrchu a vytvoří povlak. Tento povlak je hustý, pevný a má nízké zbytkové napětí, což umožňuje nanášet povlaky vyšších tloušťek. Výhodou této metody je možnost nižší operační teploty, jelikož částice přilne na povrch již působením vysoké kinetické energie.

## 3. Přehled použitelných polymerních materiálů[43][44][45][46]

Makromolekulární sloučeniny můžeme obecně rozdělit na dva hlavní druhy, kterými jsou plasty a elastomery. Plasty jsou při působení namáhání deformovány zpravidla trvale. Vlastnosti plastů jsou různorodé, mohou být tvrdé i měkké a v závislosti na těchto veličinách jsou poté křehké či houževnaté. Podle reakce ke zvyšování teploty je dělíme na termoplasty a reaktoplasty, kdy je zásadním rozdílem možnost opakování ohřevu, tuto možnost postrádají reaktoplasty. Termoplasty lze teoreticky takto tepelně namáhat pořád dokola, ale každým cyklem se zhoršují jejich vlastnosti. Elastomery jsou naopak při zatížení deformovány většinou vratně bez porušení celistvosti. Za běžných podmínek jsou pružné a lehce deformovatelné. Dále se dělí na kaučuky a termoplastické elastomery. Z hlediska nanášení plastových povlaků v práškové formě jsou pro nás důležité spíše termoplasty, reaktoplasty a termoplastické elastomery. Tyto druhy se dělí ještě na další skupiny, přičemž každá skupina má jiné vlastnosti a využití.

### 3.1.Termoplasty[43][44][45]

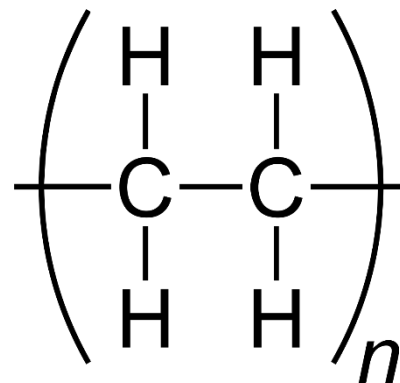
Termoplasty jsou plasty, které se se zvýšením teploty změkčují a dají se vytvarovat do různých tvarů. Podle počtu mezimolekulárních vazeb mezi řetězci mohou být termoplasty amorfní, nebo krystalické. Tyto polymery tají při zvýšené teplotě, deformují se již při navyšování teploty a jsou rozpustné v určitých druzích rozpouštědel. Termoplasty mají dobrou odolnost proti tečení (creepu). Proces, při kterém se tyto plasty rozpouštějí může být bez jakýchkoliv úbytků proveden zpětně, protože nedochází k žádné chemické reakci. Z tohoto důvodu je jednoduché termoplasty recyklovat a často měnit jejich tvar. Většina těchto plastů má vysokou pevnost, dobrou odolnost proti smršťování, ohebnost, chemickou odolnost a stálost. Mezi hlavní představitele patří: polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC) a polymethyl-methakrylát (PMMA).

Pro většinu metod nanášení povlaků práškovou formou jsou nejvhodnější z hlediska vlastností termoplasty, reaktoplasty a termoplastické elastomery. Ty se dále dělí na další skupiny a množství těchto plastů je vysoké, proto je následující výčet omezen na základní druhy a typy používané ve výrobě.

#### 3.1.1. Polyolefiny[47][48][49][50][51][52][53][54][55]

Jsou to homopolymery a kopolymery, které tvoří největší skupinu syntetických polymerů. Vznikají polymerací uhlovodíků, které obsahují ve svých molekulách jednu dvojitou vazbu. Hlavními zástupci jsou polyethylen a polypropylen.

**Polyethylen (PE)** je semikrystalický termoplast, vytvořen polymerizací ethylenu, s širokou řadou použití. Jeho vlastnosti závisí na molekulové struktuře, uspořádání merů a geometrii makromolekul. Při polymerizaci se dvojitá vazba roztrhne a vytvoří se jiná, která váže další uhlíkový atom jiné molekuly ethylenu. Tato jednoduchá struktura vytvoří řetězec, který tvoří molekuly polyethylenu. Tyto řetězce jsou ve dvou formách: lineární a větvená. Pokud má polyethylen větvenou strukturu molekuly, mluvíme o nízkohustotním polyethylen (LDPE), nebo lineárním nízkohustotním polyethylen (LLDPE). Pokud je struktura lineární, jedná se o vysokohustotní polyethylen (HDPE), nebo polyethylen s maximální molekulovou hmotností (PE-UHMW). Obecně vykazuje PE tyto vlastnosti: je nepolární, nenavhlává, nevodivý, odolává polárním rozpouštědlům, vodě, solím, zásadám i kyselinám. Jeho hustota je nižší než hustota vody, pevnostní charakteristiky jsou nejhorší z obvyklých termoplastů. Nepoužívá se tedy jako konstrukční prvek, ovšem vykazuje dobrou odolnost proti rázu. PE je citlivý na UV záření, musíme jej tedy pro venkovní použití stabilizovat.

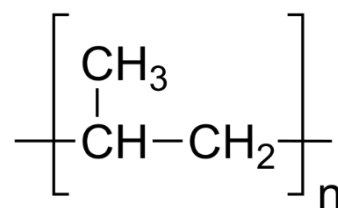


Obrázek 27 – Vzorec polyethylen [52]

Polyethylen se používá především při vířivém nanášení, a to hlavně díky nízké teplotě tání, čímž se sníží teplota zahřátí substrátu. Tímto se zmenšuje riziko deformace materiálu a tepelné stálosti povrchu kovu.



**Polypropylen (PP)** je obdobně jako PE tvořen polymerizací z ethylenů. Oproti vazbě polyethylenu je v této vazbě připojena k uhlíku methylová část (CH<sub>3</sub>). Tato skupina může mít různou takticitu (izotaktický, syndiotaktický, ataktický), na které závisí vlastnosti polypropylenů. Tyto vlastnosti jsou velice podobné polyethylenu, přičemž odolnosti jsou vyšší a rozdílná je především hustota, která je u polypropylenů nižší. Dále je vyšší teplota tání, tuhost a tvrdost. PP se používá především pro povlakování trubek extruzivní metodou.



Obrázek 28 – Vzorec polypropylenů [54]



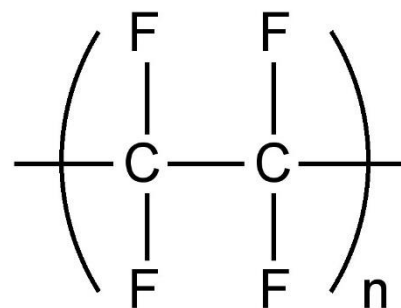
Obrázek 19 – Extruzivní povlakování polyethylenem [53]



Obrázek 20 – Polyetylenový povlak [55]

### 3.1.2. Fluoroplasty[43][44][56][57][58][59]

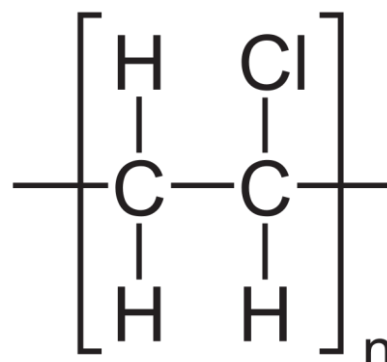
Je skupina plastů, která strukturou připomíná polyolefiny. Zásadním rozdílem je fluor na místě vodíku ve vazbě. Tato změna dramaticky mění vlastnosti této skupiny oproti polyolefinům. Fluoroplasty vykazují velmi vysokou možnou pracovní teplotu, nepřilnavý povrch, vynikající odolnost proti chemickým vlivům a vysoký elektrický odpor. Vyrábí se několik fluoroplastů, ale v největším zastoupení je polytetrafluorethylen (PTFE), komerčně znám pod jménem Teflon. Jeho chemická odolnost je vyšší než většiny vzácných kovů, skla a koroziivzdorných ocelí. Dále se také využívá jeho velmi nízký koeficient tření. PTFE je nejčastěji nanášen elektrostatickým sprejováním.



Obrázek 31 – Vzorec PTFE [59]

### 3.1.3. Vinylové plasty[44][60][61]

Nejznámějším a charakteristickým zástupcem této skupiny je polyvinylchlorid (PVC), který společně s PP a PE tvoří nejpoužívanější plasty. Je to syntetický amorfnní materiál nejčastěji vyráběn reakcí ethylenů s kyslíkem a chlorovodíkem, kdy vzniká vinylchlorid, který je toxický. PVC se následně vytváří vystavením tohoto plynu reaktivní látkám známým jako volné radikály. Při jejich působení se dvojitá vazba vinylchloridu otevře a výsledná jednoduchá vazba spojí velké množství monomerů v polymer. Používám několik typů, rozdělených podle použití změkčovadla, tedy

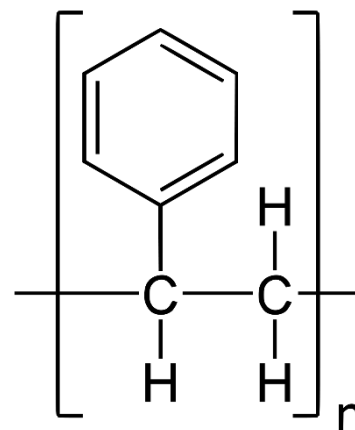


Obrázek 32 – Vzorec PVC [60]

neměkčený (PVC-U), měkčený (PVC-P), zesítený (PVC-UX) a chlorovaný (PVC-C). Z chemického hlediska je odolnost srovnatelná s polyethylenem a polypropylenem, přičemž změkčovadla tuto vlastnost zhoršují. Nedokáže odolávat rozpouštědlům s obsahem chloru. Za normálních teplot je pevný, tuhý a má nízkou rázovou houževnatost. Lze snadno lepit, svařovat, opracovávat a ohýbat. Závažným problémem je tepelná stabilizace, protože jej musíme zpracovávat okolo teplot blízkým teplotám rozkladu, kdy začíná docházet k uvolňování chlorovodíku.

### 3.1.4. Styrenové plasty[44][62][63][64]

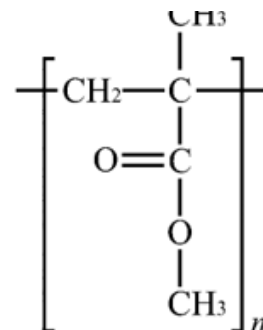
Do této skupiny patří polystyren (PS) a jeho kopolymery: houževnatý polystyren (PS-HI), akrylonitril-butadien-styren (ABS), styren-butadien (SB), styren-akrylonitril (SAN) a další. Vyznačují se fenolovou vazbou u každého druhého vodíku. Z hlediska použití pro práškové povlakování je nejdůležitější právě ABS. Ten je levný a jednoduchý na výrobu a zpracování. Skládá se z akrylonitrilové části, která zlepšuje chemickou odolnost a butadienové složky, díky které má vyšší houževnatost. Tato kombinace zachovává dostatečnou pevnost a tuhost materiálu. Poměrem těchto složek jsme schopni vytvořit kopolymer splňující širokou řadu vlastností důležitých pro ochranu povrchu kovového materiálu.



Obrázek 33 – Vzorec polystyrenu [62]

### 3.1.5. Akrylátové plasty[44][65][66][67][68]

Tyto plasty vznikají polymerací esterů kyselin akrylové a methakrylové. Hlavní zástupci této skupiny jsou: polyakrylát (PAK) a nejčastěji používaný polymethylakrylát (PMMA). Tento plast je spíše známý jako „plexisklo“, je amorfni a má výbornou propustnost světla. Velkou výhodou je odolnost proti UV záření a povětrnostním vlivům. Dále disponuje tento materiál dobrou obrobitelností, možností potisku, tvarováním za tepla, svařitelností a lze lepit. Přítomnost kyslíku zlepšuje mechanické vlastnosti, díky čemuž se používá tento plast často jako konstrukční materiál.



Obrázek 34 – Vzorec PMMA [65]

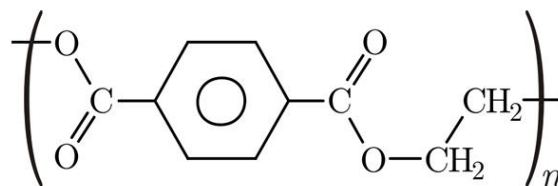


Obrázek 35 – Povlak z PMMA [66]

Na druhou stranu je tento termoplast navlhavý a má horší elektroizolační a dielektrické vlastnosti. Zároveň má nízkou odolnost proti silným kyselinám rozpouštědlům. Používá se především díky jeho dobré propustnosti světla jako náhrada skla, například se jím zalévají metalurgické výbrusy. PMMA se používá převážně pro nanášení sprejováním a extruzivní povlakování.

### 3.1.6. Polyestery[44][68][69]

Základním znakem těchto plastů je výskyt esterových vazeb v hlavním řetězci makromolekuly. Polyestery mohou být termoplastem (nasycené polyestery), nebo reaktoplasty (rozvětvené a zesítěné). Charakteristickými zástupci jsou: polytetrafluorethylen (PET) a polybutyltereftalát (PBT), který je rámcí povlakování používán z této skupiny nejčastěji. PET je tvrdý, pevný, tuhý, má velmi dobré kluzné vlastnosti a také nízkou navlhavost. Disponuje dobrou chemickou odolností s výjimkou alkalických sloučenin. Může se vyskytovat v amorfní, nebo také krystalické struktuře.



Obrázek 36 – Vzorec PET [69]

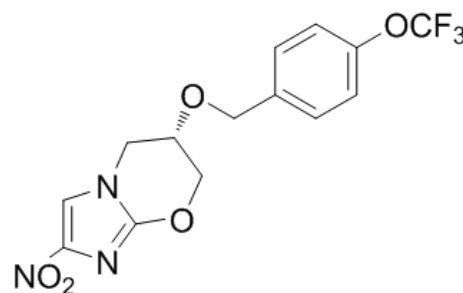
### 3.1.7. Polykarbonáty[44][70]

Jsou to průhledné amorfní termoplasty, které z hlediska chemického složení připomínají polyestery. Polykarbonáty mají dobré mechanické vlastnosti, přičemž nejvýznamnější a u tohoto druhu plastu charakteristická vlastnost je vysoká odolnost proti nárazu. Díky tomu se používá například jako materiál pro neprůstřelné skla a jako ochrana v mnoha zařízeních chránící zrak (kryt hledí helmy). Nevýhodou je nízká odolnost proti vrypu, které se zamezuje povlakem jiného materiálu.

### 3.1.8. Polyamidy[44][70][71][72][73][74]

Plasty této skupiny jsou tvořeny řetězcem, který je charakterizován pravidelně se střídajícími amidovými a methylenovými vazbami. Podle počtu uhlíků v molekulách se značí různé typy tohoto plastu. Nejčastěji se vyskytující polyamidy jsou: PA-6, PA-66, PA-610, PA-11, PA-12. Čísla značí počet vyskytujících se atomů uhlíku.

Využívají se jako konstrukční plasty pro jejich dobré mechanické vlastnosti. Mají vysokou teplotu tání, jsou odolné proti alkalické hydrolýze, horší odolnost pak vykazují proti kyselé hydrolýze. Největším problémem polyamidů je jejich navlhavost a s ní související změna vlastností. Snižuje se pevnost v tahu a teplota zesklenní. V oblasti práškového nanášení jsou polyamidy používány v hojné míře. Své uplatnění mají v automobilovém, medicínském, potravinářském průmyslu a zejména se používají u armatur.



Obrázek 37 – Vzorec polyamidu [70]

## 3.2. Reaktoplasty[44][75]

Jsou tavitelné a tvarovatelné pouze do doby, než při zahřívání proběhne chemická reakce. Při této chemické změně se molekuly původního stavu sesítují a vznikne tak struktura, která je netavitelná a nerozpustná. Tento jev se nazývá vytvrzování. Tento děj je nevratný a dále se reaktoplast nedá formovat, pájet ani znovu rozpustit a je polymorfní. Vyznačují se dobrou chemickou odolností, stálé vlastnosti i při zvýšené teplotě, vysokou tvrdost a pevnost. Nevytvrzený reaktoplast se nazývá pryskyřice a jejich nejčastější zástupci jsou:



fenolformaldehydová pryskyřice (PF), epoxidová pryskyřice (PE), polyesterová pryskyřice (UP) a další.

Formaldehydová pryskyřice se řadí do třídy fenoplastů, které vznikají polykondenzací fenolu s aldehydy. Tato pryskyřice je jednou z prvních komerčně používaných syntetických polymerů pod názvem bakelit. V současnosti se již nepoužívá tak často, protože byla vytlačena jinými polymery. Její aplikace je převážně pro laminování různých desek. Mají tmavou barvu, špatné elektroizolační vlastnosti, ale zato dobře odolávají nepolárním rozpouštědlům, kyselinám a povětrnostním účinkům.

Epoxidové pryskyřice obsahují více než jednu epoxidovou skupinu ve svém řetězci. Hlavní vlastnosti těchto pryskyřic je dobrá přilnavost, chemická odolnost i malé smrštění při vytvrzování. Jsou bezbarvé, někdy v odstínech žluté. Zejména se používají jako tekutá lepidla s přidáním tvrdidla, nebo tuhá lepidla. Dále se používají jako nátěrové hmoty.

Polyesterové pryskyřice jsou nenasycené polyestery schopné kopolymerace, čímž dojde k vytvrzení pryskyřice.

### **3.3. Termoplastické elastomery[44][76]**

Jsou velice podobné pryžím a jsou směsí tvrdých a měkkých částí. Tvrdé části tvoří termoplasty tvořící síťovou strukturu systému. Měkké složky jsou většinou elastomery. Při zahřívání dochází k tavení a dostávají se do tekutého stavu, kdy se mohou zpracovat velice podobně jako termoplasty. Hlavní rozdíl mezi pryží a termoplastickými elastomery je, že uzly sítě jsou u TPE fyzikálního významu a u pryží chemické povahy. V porovnání s elastomery a termoplasty mají hodnoty vlastností nižší, důležitá je ale pro tuto skupinu jejich výsledná kombinace, kdy se využívají vlastnosti obou zmíněných typů. Závisí na použitých jednotlivých složkách a také na jejich poměru.

Dále se dají TPE rozdělit následovně: termoplastické polyolefiny (TPE-O), vulkanizovaná směs PP/EPDM (TPE-V), termoplastický polyuretan (TPE-U), styrenové směsi na bázi polyolefinu a dalších prvků (TPE-S), kopolyesterové termoplastické elastomery (TPE-E), termoplastický polyamid (TPE-A).

Typickým využitím TPE je u povlaků plášťů kabelů, hadiček ve farmaceutickém průmyslu, dotykové části nástrojů, hadičky pro vedení tekutin v automobilech a části obuvi.

#### **4. Závěry[1][13][21][44][46]**

Nanášení plastových povlaků na kovové díly se provádí převážně ze dvou důvodů. Prvním je dekorace, kdy je velikou výhodou lehké dosažení jakéhokoliv barevného provedení daného povlaku, díky čemuž se také používají jako nátěrové hmoty. Další výhodou je vysoká přilnavost k povrchu základního materiálu, která společně s dobrou odolností proti povětrnostním podmínkám zaručují dlouho trvanlivost a celistvost povlaku. Druhým využitím jsou povlaky funkční. U těch využíváme ochranné vlastnosti plastů proti různým působícím jevům, jako je koroze, abraze, mechanické vlastnosti a možnost využití například ve sterilním prostředí. Největší využití je ve farmaceutickém a elektrotechnickém průmyslu, kdy využíváme dobré odolnosti plastových povlaků a také jejich dobré izolační vlastnosti.

Povlaky se dají vytvořit několika metodami, kdy využíváme různé způsoby uchycení částic prášku na povrchu substrátu. Před samotným procesem povlakování se musí povrch kovu patřičně upravit tak, abychom byli schopni zaručit kvalitní povlak. Samotné povlakování je složeno z několika částí, kdy první je předúprava povrchu, další je nanesení prášku na kov a následuje zahřátí a ulpění plastu na dílci.

Z hlediska použití materiálu se využívají hlavně termoplasty a reaktoplasty. Tyto skupiny v sobě skýtají mnoho podskupin a pro každý druh existuje metoda nanášení, která je pro něj nejlepší. V současné době je nanášení plastových povlaků práškovou metodou velice používané, jelikož jde o jednoduchou, levnou a materiál neovlivňující variantu ochrany materiálů. V značné míře je také tato technologie šetrná k životnímu prostředí a to hlavně díky možnosti recyklace.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [3]

1. MM Průmyslové centrum: Povlaky z práškových plastů bezchybně [online]. 2010 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/povlaky-z-praskovych-plastu-bezchybne.html>
2. FREY, Hartmut a Hamid R KHAN. Handbook of thin-film technology. Berlin: Springer, 2015, xiii, 379 stran : ilustrace. ISBN 978-3-642-05429-7.
3. CITACE PRO. Generátor citací [online]. 2013 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz/info>
4. KUKLÍK, Vlastimil a Jan KUDLÁČEK. Žárové zinkování. Havlíčkův Brod: Asociace českých a slovenských zinkoven, 2014, 199 stran : ilustrace (převážně barevné), portréty. ISBN 978-80-905298-2-3
5. Vrstvy. *Brederoshaw* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: [http://www.brederoshaw.com/solutions/images/illustration\\_yj.jpg](http://www.brederoshaw.com/solutions/images/illustration_yj.jpg)
6. *MM Průmyslové centrum: Moderní pracoviště žárového stříkání* [online]. **2012**(4) [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/moderni-pracoviste-zaroveho-strikan.html>
7. *MM Průmyslové centrum: Polyetylenové povlaky proti korozi oceli* [online]. **2015**(3) [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/polyetylenove-povlaky-proti-korozi-oceli.html>
8. Žárové zinkování. In: *OPP* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://www.opp.cz/wp-content/uploads/2015/01/zarove-zinkovani.jpg>
9. Stříbření. In: *Povrchove technologie* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.povrchove-technologie.cz/technologie/stibro2.jpg>
10. Tvrdé chromování. In: *Bomex* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: [https://www.bomex.cz/slir/?w=1200&i=/assets/niklovani-3/bomex\\_image-72\\_niklovani\\_1440.jpg](https://www.bomex.cz/slir/?w=1200&i=/assets/niklovani-3/bomex_image-72_niklovani_1440.jpg)
11. Pozlacování. In: *Aliceinpaints* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.aliceinpaints.com/wp-content/uploads/2015/06/031-1024x768.jpg>
12. Ochrana víka. In: *Plastmetal* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.plastmetal.cz/fotogalerie/foto/etfe/IMGP4311.JPG>
13. Protikorozní povlaky. In: *MM spektrum* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: [https://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/0003\\_2015\\_105\\_1425379748/steidl\\_obr\\_03.jpg](https://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/0003_2015_105_1425379748/steidl_obr_03.jpg)

14. Dekorativní plast. In: *Dplast* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: [http://www.dplast.cz/media/k2/items/cache/fc1da7257992fc36032e11db3df7a664\\_XL.jpg](http://www.dplast.cz/media/k2/items/cache/fc1da7257992fc36032e11db3df7a664_XL.jpg)
15. *MM Průmyslové centrum: Technologie úprav nástrojů před a po povlakování* [online]. **2005**(9) [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/technologie-uprav-nastroju-pred-a-po-povlakovani.html>
16. Tryskání. In: *Kovocite* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: [http://www.kovocite.cz/uploads/fe\\_pages\\_photogallery/b6d767d2f8ed5d21a44b0e5886680cb9/popup/IMG\\_1417\\_2eb914329133301da6eb8fa3f686ab20.jpg](http://www.kovocite.cz/uploads/fe_pages_photogallery/b6d767d2f8ed5d21a44b0e5886680cb9/popup/IMG_1417_2eb914329133301da6eb8fa3f686ab20.jpg)
17. Kuličkování. In: *Eluc* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/images/19638/ygAAAAASUV.png>
18. Odmašťování. In: *Edb* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.edb.cz/grmat/nabidky/94117x2.jpg>
19. PRASAD, Leena Kumari, James W. MCGINITY a Robert O. WILLIAMS. Electrostatic powder coating: Principles and pharmaceutical applications. *International Journal of Pharmaceutics* [online]. Elsevier B.V, 2016, **505**(1-2), 289-302 [cit. 2018-05-21]. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2016.04.016. ISSN 0378-5173
20. Sprayed thermoplastics powders. *Plastic coatings co.* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.plasticcoatings.co.uk/plastic-coatings-processes/electrostatically-sprayed-thermoplastics.php>
21. Powder coatings. *Plastic coatings co.* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.plasticcoatings.co.uk/plastic-coatings-processes/powder-coating.php>
22. Ukázka povlakování. In: *Mollificioadriese* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://mollificioadriese.com/wp-content/uploads/2017/03/verniciatura-a-polvere-blzoom.jpg>
23. Pistole. In: *Technocoating* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.tecnocoating.it/wp-content/uploads/2018/02/AIG103-T-1600-1200x900.jpg>
24. Coating methods. *Plascoat* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.plascoat.com/en-gb/coating-products/coating-methods.html>
25. The dip coating process. *Southwest latex* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://swlatex.com/dip-coating.htm>
26. Výrobní procesy. *Technicoat* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.technicoat.cz/cs/nase-kompetence/>
27. Plastic mixing industry. *Exline inc.* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.exline-inc.com/plastic-mixing/100/duracoat-protective-coating>

28. Fluidised bed. In: *4bp blogspot* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: [http://4.bp.blogspot.com/-gv0tSzY6\\_Mg/VWiFmolASLI/AAAAAAAAAQM/nTqdPcfjL84/s1600/Fluidizedbed.png](http://4.bp.blogspot.com/-gv0tSzY6_Mg/VWiFmolASLI/AAAAAAAAAQM/nTqdPcfjL84/s1600/Fluidizedbed.png)
29. Dip coating. In: *Plastic coatings co.* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://www.plasticcoatings.co.uk/assets/img/thermoplastic-dip-coating-cameo-02.jpg>
30. Fluidní nanášení. In: *Kunststoffbeschichtungen-linder* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.kunststoffbeschichtungen-linder.de/Leistungen/werkstatt3.jpg>
31. Extruzivní nanášení schéma. *Safepack* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.safepack.com/assets/images/laminates-1.png>
32. Extruze drátu. In: *Howarequipment* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: [http://www.howarequipment.com/products/extrusion\\_crossheads/fluoro\\_polymer/](http://www.howarequipment.com/products/extrusion_crossheads/fluoro_polymer/)
33. Thermal spray. *Precision coatings inc.* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.precisioncoatings.com/what-is-thermal-spray.html>
34. Nanášení plamenem. In: *Dcleng* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://www.dcleng.com.au/index.php?f=flame-spray-ceramic>
35. Pistole. In: *4.imimg* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: [https://4.imimg.com/data4/TT/TT/GLADMIN-/product\\_images-bc-full-dir\\_2-51684-powder-spray-gun-2562718-500x500.jpg](https://4.imimg.com/data4/TT/TT/GLADMIN-/product_images-bc-full-dir_2-51684-powder-spray-gun-2562718-500x500.jpg)
36. Detonation Thermal Spraying Process. *Gordonengland .co* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.gordonengland.co.uk/ds.htm>
37. Vznětové nanášení. In: *Gordonengland* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://www.gordonengland.co.uk/img/ds1.gif>
38. Combustion powder. *Thermal spray depot* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.thermalspraydepot.com/thermal-spray-equipment/combustion-powder/>
39. Combustion Powder Thermal Spray Process. *Gordonengalnd .co* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.gordonengland.co.uk/cps.htm>
40. HVAF. *Gordonengland .co* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.gordonengland.co.uk/hvaf.htm>
41. HVOF. *Gordonengland .co* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.gordonengland.co.uk/hvof.htm>
42. HVOF. In: *Beuhrer-ag* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://www.buehrer-ag.ch/wp-content/uploads/2015/08/HVOF.jpg>
43. Thermoplastic polymers. *TutorVista* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://chemistry.tutorvista.com/analytical-chemistry/thermoplastic-polymers.html>
44. Rozdělení a charakteristika polymerů. *Publi* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/04.html>

45. Plastic powder coating services. *Wright coating technologies* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.wrightcoating.com/specialty-coatings/coatings/plastic-powder-coating>
46. *MM Průmyslové centrum: Nové typy povlaků umí základy* [online]. **2001**(6) [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/nove-typy-povlaku-umi-zazraky.html>
47. Polyolefiny. *Vúrup* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://www.vurup.sk/sluzby/skusobnictvo/polyolefiny-polypropylen-a-polyetylen/>
48. Everything you need to know about polyethylene. *Creative mechanisms* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://www.creativemechanisms.com/blog/polyethylene-pe-for-prototypes-3d-printing-and-cnc>
49. Polyethylene. *Precision dip coating* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://precisiondipcoating.com/bed-powder-coating/materialsspecscolors/polyethylene/>
50. Polypropylene. *British plastic federation* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.bpf.co.uk/plastipedia/polymers/pp.aspx>
51. Three layer polypropylene coating. *Bredero Shaw a ShawCor company* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.brederoshaw.com/solutions/offshore/3lpp.html>
52. Vzorec PE. In: *Wikimedia* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/53/Polyvinylchlorid.svg/638px-Polyvinylchlorid.svg.png>
53. Extruzivní PE. In: *Ec21.com* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: [https://image.ec21.com/image/yyantisepsis/oimg\\_GC03863565\\_CA03863566/3-Layer-Polyethylene-Coating.jpg](https://image.ec21.com/image/yyantisepsis/oimg_GC03863565_CA03863566/3-Layer-Polyethylene-Coating.jpg)
54. Vzorec sloučeniny. In: *Pediaa* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://pediaa.com/wp-content/uploads/2017/11/Difference-Between-Olefin-and-Polypropylene-2.png>
55. Extruzivní nanášení pe. In: *Izostal* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: [https://www.izostal.com.pl/gfx/izostal2/\\_thumbs/en/defaultstronaopisowa/144/1/1/983740152,mnV-nK6onHGWqK6XYZ0.jpg](https://www.izostal.com.pl/gfx/izostal2/_thumbs/en/defaultstronaopisowa/144/1/1/983740152,mnV-nK6onHGWqK6XYZ0.jpg)
56. PTFE coatings. *Metal coatings corp* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://www.metcoat.com/ptfe-coatings.htm>
57. Fluoroplastics. *Adtech co.* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://www.adtech.co.uk/news/what-are-fluoroplastics.php>
58. PTFE coating process. *Fluoroteccoatings* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://www.fluoroteccoatings.com/materials/ptfe-coatings/the-ptfe-coating-process/>
59. Vzorec fluoroplasty. In: *Okchem* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://www.okchem.com/wordpress/wp-content/uploads/2016/11/Polytetrafluoroethylene.jpg>

60. Vzorec pvc. In: *Wikimedia* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/53/Polyvinylchlorid.svg/638px-Polyvinylchlorid.svg.png>
61. PVC. *Vink* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.vink.cz/pvc>
62. Vzorec PS. In: *Wikimedia* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/60/Polystyrene.svg/1200px-Polystyrene.svg.png>
63. ABS. *Plastics international* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.plasticsintl.com/abs.htm>
64. Polystyrene. *Polymer science learning centre* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.pslc.ws/macrog/styrene.htm>
65. Vzorec pmma. In: *Pubs.rsc* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: [http://pubs.rsc.org/services/images/RSCpubs.ePlatform.Service.FreeContent.ImageService.svc/ImageService/Articleimage/2015/RA/c4ra12771d/c4ra12771d-f2\\_hi-res.gif](http://pubs.rsc.org/services/images/RSCpubs.ePlatform.Service.FreeContent.ImageService.svc/ImageService/Articleimage/2015/RA/c4ra12771d/c4ra12771d-f2_hi-res.gif)
66. Ventil povlak. In: *Sfc-dubai* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.sfc-dubai.com/wp-content/uploads/2013/04/ptfe-coated-valve.jpg>
67. Akrylátové sklo PMMA. *Vink* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.vink.cz/akrylatove-sklo>
68. Thermoset powder coating. *Thomasnet* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://www.thomasnet.com/articles/chemicals/powder-coatings-thermoset>
69. Vzorec polyester. In: *Packaging-gateway* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://www.packaging-gateway.com/wp-content/uploads/sites/2/2017/09/2-pet-chemical-structures.jpg>
70. Everything you need to know about PC. *Creativemechanisms* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://www.creativemechanisms.com/blog/everything-you-need-to-know-about-polycarbonate-pc>
71. Vzorec polyamidu. In: *Focusbio* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://focusbio.com.au/wp-content/uploads/2016/02/hy-10844.gif>
72. Povlakování polyamidem. *Leuze and co.* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.leuze-co.de/Beschichtungen/Polyamidbeschichtungen.aspx>
73. Nyland (Polyamids). *British plastics federation* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.bpf.co.uk/plastipedia/polymers/polyamides.aspx>
74. Polyamids. *Polymer database* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://polymerdatabase.com/polymer%20classes/Polyamide%20type.html>
75. Reaktoplasty. *Publi* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/21.html>

76. Thermoplastic elastomers. *Actega* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z:  
<https://www.actega.com/ds/medical-plastics/products/thermoplastic-elastomers.html>